

METHOD AND DEVICE FOR MULTIPLEXING OPTICAL PULSE TIME

Publication number: JP8307390 (A)

Publication date: 1996-11-22

Inventor(s): KANEOKA YASUHIRO; AOMI YOSHIYUKI; DOI TATSURO +

Applicant(s): KANSAI ELECTRIC POWER CO +

Classification:

- international: H04B10/02; H04J14/08; H04B10/02; H04J14/08; (IPC1-7): H04B10/02; H04J14/08

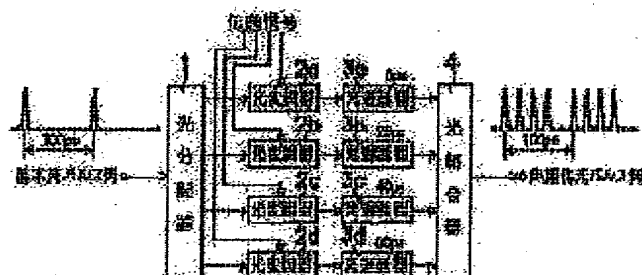
- European:

Application number: JP19950129632 19950428

Priority number(s): JP19950129632 19950428

Abstract of JP 8307390 (A)

PURPOSE: To safely and easily extract a clock signal through a narrow band pass filter on the receiving side by transmitting a multiplexed optical pulse string obtained by superposing the optical pulse strings of respective channels at irregular time intervals. **CONSTITUTION:** A reference optical pulse string with an 100ps period is distributed to reference optical pulse strings for four channels having the same period and phase. The reference optical pulse strings of four channels are respectively modulated by respective optical modulators 2a to 2d corresponding to respective channels in accordance with the transmission signals of the corresponding channels. The optical pulse strings of four channels modulated by the modulators 2a to 2d are respectively delayed by optical delays 3a to 3d corresponding to respective channels. The optical pulse strings of respective channels are successively delayed in each time lag 20PS from 0PS up to 60PS. The optical pulse strings of four channels delayed by these delays 3a to 3d are coupled by a photocoupler 4 and outputted as one multiplexed optical pulse string.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-307390

(43)公開日 平成8年(1996)11月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 14/08			H 0 4 B 9/00	D
H 0 4 B 10/02				U

審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-129632

(22)出願日 平成7年(1995)4月28日

(71)出願人 000156938

関西電力株式会社

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

(72)発明者 金岡 泰弘

大阪府大阪市北区中之島三丁目3番22号

関西電力株式会社内

(72)発明者 青海 恵之

大阪府大阪市北区中之島三丁目3番22号

関西電力株式会社内

(72)発明者 土肥 達郎

大阪府大阪市北区中之島三丁目3番22号

関西電力株式会社内

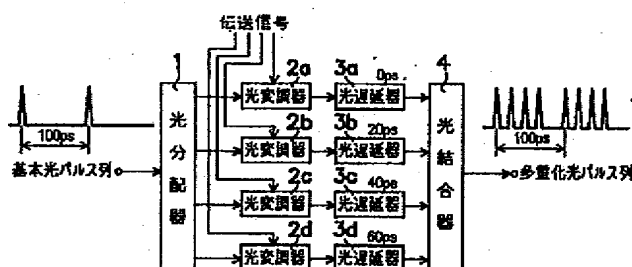
(74)代理人 弁理士 河▲崎▼ 眞樹

(54)【発明の名称】 光パルス時間多重化方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】 各チャンネルの光パルス列を等間隔である25psよりも短い20psの時間間隔で重畳し、周期100psの後半に40psの光パルスのない時間間隔を設けた多重化光パルス列を伝送することにより、受信側で狭帯域通過フィルタを用いて安定かつ容易に10Gb/sのクロック信号を抽出することができる光パルス時間多重化方法及びその装置を提供する。

【構成】 100psの基本光パルス列を光分配器1で4チャンネルに分配し、この分配された各チャンネルの基本光パルス列を光変調器2a~2dで変調すると共に、遅延時間がチャンネルごとに0ps, 20ps, 40ps及び60psとなる光遅延器3a~3dで遅延し、これら変調及び遅延された各チャンネルの光パルス列を光結合器4で結合して多重化光パルス列を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期が同じ複数チャンネルの基本光パルス列をチャンネルごとに順次時間をずらして重畳させたフォーマットの多重化光パルス列について、チャンネルごとに各光パルスの透過又は遮断を制御することにより変調を行って伝送する光パルス時間多重化方法において、

チャンネルごとに順次ずれた時間差の中の少なくとも1箇所を、基本光パルス列の周期をチャンネル総数で除算した時間とは相違する時間差としたことを特徴とする光パルス時間多重化方法。

【請求項2】 周期と位相が同じ複数チャンネルの基本光パルス列をそれぞれ光変調器で光パルスの透過又は遮断を制御することにより変調すると共に、それぞれ基本光パルス列の周期よりも短く、かつ、チャンネルごとに異なる遅延時間を有する光遅延器で遅延させた後に、これら各チャンネルの光パルス列を光結合器で結合させて多重化する光パルス時間多重化装置において、少なくとも1チャンネルの光遅延器の遅延時間が、基本光パルス列の周期をチャンネル総数で除算した時間の自然数倍とは異なる時間に設定されたことを特徴とする光パルス時間多重化装置。

【請求項3】 前記基本光パルス列の周期を T_0 とし、前記チャンネルの総数を N とし、単位遅延時間 T_1 を $T_1 < (T_0/N)$ の関係とし、遅延倍数 M を $0 \leq M < N$ の関係の有する整数とした場合に、前記各チャンネルの光遅延器の遅延時間がそれぞれチャンネルごとに異なる遅延倍数 M について $T_1 \times M$ の時間に設定されたことを特徴とする請求項2に記載の光パルス時間多重化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、リターンゼロ方式の光パルス列を時間的に多重化して高密度な多重化光パルス列として伝送することにより、超高速の光通信を可能にする光パルス時間多重化方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ソリトンパルスは、光ファイバにおける分散と、光強度により屈折率が変化する非線形効果（自己位相変調効果）とが釣り合うことにより成立する。従って、この光ソリトンパルスは、ごくわずかな分散が生じるように、光ファイバのゼロ分散波長よりも2～10 nm程度長波長側の光を用いる。ゼロ分散波長とは、光ファイバの分散値が 0 ps/km/nm （psはp秒を表す）となる光の波長をいい、通常の光ファイバでは1.3 μm や1.5 μm 付近の波長がゼロ分散波長となる。また、この光ソリトンパルスは、光強度が非線形効果を起こす程度に十分に強くなければならないため、例えばFWHM（光パルスがピークパワーの半分以上の振幅を持続する時間）が10～15 psでピークパ

ワーが10～20 mW程度の急峻な光パルスとする必要がある。なお、この光パルスのFWHMは、1 psやそれ以下のものを用いた実験も報告されている。

【0003】 上記光ソリトンパルスは、本来は光パルスが孤立波として伝送されるものであるが、光ソリトン伝送では、この光パルスを所定周期の光パルス列として伝送する。この際、各光パルスは、所定のFWHMとピークパワーを要するため、デジタル信号の“0”と

“1”に応じてこの光パルスを透過又は遮断させることにより光パルスの有無による強度変調（振幅変調）が行われる。また、この光ソリトン伝送における光パルス列は、各光パルスの間に光のない状態が十分な時間必要となるため、ノンリターンゼロ方式（NRZ方式）を用いるのが一般的な通常の光通信とは異なり、リターンゼロ方式（RZ方式）の信号となる。

【0004】 ところで、信号の電気的な伝送では、10 Gbit/s（Gビット毎秒）を大きく超えると、電気信号のパルス幅が極度に狭くなるため非常に扱い難いものとなり実用的ではなくなる。しかし、光ソリトン伝送では、10 Gbit/sの伝送速度の場合、各光パルスの時間間隔が100 psとなるため、FWHMを10 psとしても光のない時間を十二分に確保できる。このため、1系列の光パルス列に別の信号系列の光パルス列を時間をずらして重畳すれば、複数の信号系列の光パルス列を高密度に多重化して超高速の光通信が可能となる。例えば10 Gbit/sの光パルス列を8チャンネル多重化した80 Gbit/sの多重化光パルス列や16チャンネル多重化した160 Gbit/sの多重化光パルス列の伝送実験の報告が既になされている。

【0005】 図4に4チャンネルの光パルス列を多重化する従来の光パルス時間多重化装置の一例を示す。この光パルス時間多重化装置は、周期が100 psの基本光パルス列が光分配器1に入力されるようになっている。光分配器1は、入力された1系列の基本光パルス列を4チャンネルの基本光パルス列に分配して出力する光回路素子である。この光分配器1から出力された4チャンネルの基本光パルス列は、それぞれ光変調器2a～2dと光遅延器3a～3dとを介して光結合器4に入力される。光変調器2a～2dは、それぞれが対応するチャンネルの電気的な伝送信号に応じて、光パルスの透過又は遮断を制御することにより、光パルス列に変調を加える回路素子である。光遅延器3a～3dは、光パルス列を所定の遅延時間だけ遅延させる光回路素子であり、チャンネルごとにこの遅延時間を0 ps、25 ps、50 ps及び75 psに設定して、順次25 psずつの時間差（90°ずつの位相差）が生じるようにしている。光結合器4は、入力された4チャンネルの光パルス列を結合させて、1系列の多重化光パルス列を出力する光回路素子である。

【0006】 この光パルス時間多重化装置は、周期10

0 ps (10 Gbit/s) の4チャンネルの基本光パルス列に光変調器2a~2dによってそれぞれ独立に変調を加えると共に、光遅延器3a~3dによって順次25 psずつ時間をずらすことにより、各チャンネルの光パルスを周期100 psの間に等間隔に配置する。そして、これらの光パルス列を光結合器4によって結合させることにより、40 Gbit/sの多重化光パルス列を得ることができる。尚、図4に示した多重化光パルス列の波形は、説明を分かり易くするために、伝送信号の全ビットが例えば“1”となり基本光パルス列の光パルスが光変調器2a~2dで全て透過された場合を示す。また、以下に示す多重化光パルス列の波形についても同様である。

【0007】上記多重化光パルス列を用いて光通信を行う場合、受信側では、光学的な手段によってこの多重化光パルス列を電気的に取り扱いが容易な伝送速度となる各チャンネルごとの光パルス列に分離する必要がある。このようなチャンネルごとの分離を行う光回路の一例を図5に示す。この光回路は、伝送されて来た多重化光パルス列を光分配器6に入力するようになっている。光分配器6は、図4に示した光分配器1と同様の構成の光回路素子である。この光分配器6から出力された4チャンネルの多重化光パルス列は、それぞれ光アンドゲート7a~7dに入力される。

【0008】また、この受信側では、送信側の基本光パルス列と同等の局部基本光パルス列、即ち多重化光パルス列のいずれかのチャンネルの光パルス列に位相が一致する周期100 psの局部基本光パルス列が生成され、この局部基本光パルス列が光分配器8に入力されるようになっている。光分配器8も、図4に示した光分配器1と同様の構成の光回路素子である。この光分配器8から出力された4チャンネルの局部基本光パルス列は、それぞれ光遅延器9a~9dを介して対応するチャンネルの光アンドゲート7a~7dに入力される。各光遅延器9a~9dも、図4に示した光遅延器3a~3dと同様の構成であり、チャンネルごとに遅延時間を0 ps, 25 ps, 50 ps及び75 psにそれぞれ設定されている。

【0009】上記各光アンドゲート7a~7dは、光分配器6で分配された多重化光パルス列と光遅延器9a~9dでチャンネルごとに25 psずつ時間をずらした局部基本光パルス列との論理積を取る光回路素子であり、これら双方の光パルス列が同時に光パルスを有する場合にのみこの光パルスを出力する。従って、これら各チャンネルの光アンドゲート7a~7dからは、多重化光パルス列の中のそれぞれが対応するチャンネルの光パルスのみが出力され、それ以外の全ての光パルスがマスクされるので、この多重化光パルス列をチャンネルごとに分離することができる。そして、これら各チャンネルごとに分離された光パルス列は、電気的な信号処理が容易と

なる10 Gbit/sの伝送速度となるので、それぞれ光電変換により電気信号に変換して元の伝送信号を復調することができる。

【0010】ここで、受信側では、上記図5に示した光回路の光分配器8に入力する局部基本光パルス列を生成するために、多重化光パルス列に同期した周期100 ps (周波数10 GHz) の電気的なクロック信号を発生させる必要がある。そして、このようなクロック信号を安定して発生させるには、図6に示すような位相同期ループ回路を用いるのが理想的である。この位相同期ループ回路は、伝送されて来た多重化光パルス列を光位相比較器10に入力するようになっている。また、この光位相比較器10には、半導体レーザ11から出力される光パルス列も同時に入力される。光位相比較器10は、光ファイバの非線形光学効果を用いた光アンドゲートと光電変換素子からなり、二入力の光パルスの位相差、即ち光パルスのピークの時間差に応じた電圧を出力する光入力/電気出力の回路素子である。この光位相比較器10から出力された電圧は、電圧制御発振器12に入力される。電圧制御発振器12は、入力電圧に応じて10 GHzの近傍で発振周波数が変化する電気的な発振器であり、発振周期ごとに急峻なパルスが現れるパルス信号を出力する。この電圧制御発振器12から出力されたパルス信号は、半導体レーザ11に入力される。半導体レーザ11は、このパルス信号に駆動されて、FWHMが10 psで周期が100 ps (周波数10 GHz) の近傍の光パルス列を出力する電気入力/光出力の回路素子である。

【0011】上記位相同期ループ回路は、半導体レーザ11から発せられる光パルス列の位相が多重化光パルス列のいずれかのチャンネルの光パルス列に完全に一致した場合に、光位相比較器10から出力される電圧に基づいて電圧制御発振器12が半導体レーザ11に現在の光パルス列の出力を維持させるような周期100 psのパルス信号を出力するようになっている。また、半導体レーザ11が発する光パルス列の位相がずれた場合には、電圧制御発振器12がこの光パルス列の位相のずれを回復させるように周波数を変化させたパルス信号を出力するようになっている。従って、この電圧制御発振器12からは、周期が100 ps (周波数10 GHz) であり、かつ、多重化光パルス列のいずれかのチャンネルの光パルス列に位相が一致するパルス信号が出力される。そして、このパルス信号をクロック信号とすれば、このクロック信号に基づいて上記図5に示した光回路の光分配器8に入力する局部基本光パルス列を生成することができる。

【0012】また、上記位相同期ループ回路を用いることなく、局部基本光パルス列を生成するためのクロック信号をより簡易に得る方法も従来から提案されていた。即ち、上記40 Gbit/sの多重化光パルス列を伝送

する場合であれば、図7に示すように、例えば第1チャンネルの光パルスP1の振幅のみを他のチャンネルの光パルスP2~P4よりも大きくして伝送する。1チャンネルの光パルスの振幅のみを変化させるには、図4に示した光分配器1又は光結合器4での光パルス列のパワー配分を変化させればよい。通常多重化光パルス列では、振幅が同じ各チャンネルの光パルス列が等間隔に時間をずらして配置されるので、変調を無視すれば、基本光パルス列の10GHz(周期100ps)の周波数成分は失われることになるが、このように100psおきに光パルスの振幅を大きくしておけば、多重化光パルス列に10GHzの周波数成分が必ず含まれるようになる。そこで、受信側で、この多重化光パルス列を光電変換した電気信号を10GHz付近の信号成分のみを通過させる狭帯域通過フィルタに通せば、多重化光パルス列に同期した10GHzのクロック信号を容易に抽出することができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記図6に示した位相同期ループ回路を用いる方法は、クロック信号を安定して発生させることができるという利点はあるものの、光位相比較器10や電圧制御発振器12が複雑かつ高価な回路素子となるため、受信側の設備が大幅にコストアップするという問題があった。

【0014】また、光ソリトンパルスは、上記のように光パルスのピークパワーがこの光パルスのFWHMや光ファイバの特性に応じた所定範囲内の値でなければならないという制限がある。従って、上記図7に示した光パルスの振幅を変化させる方法では、振幅の差をあまり大きくすることができないために10GHzの周波数成分のパワースペクトルが小さくなり、クロック信号を安定して抽出することができないという問題があった。

【0015】この発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、各チャンネルの光パルス列を等間隔とはならない時間間隔で重畳した多重化光パルス列を伝送することにより、受信側で狭帯域通過フィルタを用いて安定かつ容易にクロック信号を抽出することができる光パルス時間多重化方法及びその装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】即ち、この発明は、上記課題を解決するために、①周期が同じ複数チャンネルの基本光パルス列をチャンネルごとに順次時間をずらして重畳させたフォーマットの多重化光パルス列について、チャンネルごとに各光パルスの透過又は遮断を制御することにより変調を行って伝送する光パルス時間多重化方法において、チャンネルごとに順次ずれた時間差の中の少なくとも1箇所を、基本光パルス列の周期をチャンネル総数で除算した時間とは相違する時間差としたことを特徴とする。

【0017】また、②周期と位相が同じ複数チャンネルの基本光パルス列をそれぞれ光変調器で光パルスの透過又は遮断を制御することにより変調すると共に、それぞれ基本光パルス列の周期よりも短く、かつ、チャンネルごとに異なる遅延時間を有する光遅延器で遅延させた後に、これら各チャンネルの光パルス列を光結合器で結合させて多重化する光パルス時間多重化装置において、少なくとも1チャンネルの光遅延器の遅延時間が、基本光パルス列の周期をチャンネル総数で除算した時間の自然数倍とは異なる時間に設定されたことを特徴とする。

【0018】さらに、③前記②の基本光パルス列の周期をT0とし、前記②のチャンネルの総数をNとし、単位遅延時間T1を $T1 < (T0/N)$ の関係とし、遅延倍数Mを $0 \leq M < N$ の関係を有する整数とした場合に、前記②の各チャンネルの光遅延器の遅延時間がそれぞれチャンネルごとに異なる遅延倍数Mについて $T1 \times M$ の時間に設定されたことを特徴とする。

【0019】

【作用】①の手段によれば、従来と同様に、変調を加えた基本光パルス列をチャンネルごとに順次時間をずらして重畳したフォーマットの多重化光パルス列として伝送するので、高密度に時間多重化した超高速の光通信を行うことができる。しかも、この多重化光パルス列は、少なくとも1箇所のチャンネル間で時間差が完全な等間隔にはならないため、この等間隔ではない時間差の間隔が基本光パルス列の周期で繰り返されることになる。従って、この多重化光パルス列が基本光パルス列の周波数成分を確実に含むことになり、受信側でフィルタを用いてこの周波数成分の信号を取り出すことにより、多重化光パルス列のいずれかのチャンネルに対して常に一定の位相差を有するクロック信号、即ちこの多重化光パルス列に同期したクロック信号を安定かつ容易に抽出することができるようになる。

【0020】なお、多重化光パルス列は、チャンネルごとの基本光パルス列に対して変調を加えてからこれらを結合させる他、多重化光パルス列に対して直接チャンネルごとに変調を加えることも可能である。また、基本光パルス列に対して変調を加える場合には、まず変調を加えてから次に各チャンネルの光パルス列の時間を順次ずらし、その後これらの光パルス列を結合させるようにしてもよいし、各基本光パルス列の時間を順次ずらしてから変調を加え、その後に結合させるようにすることもできる。

【0021】また、②の手段によれば、各チャンネルの基本光パルス列を光変調器で変調すると共に光遅延器で遅延させてから光結合器で結合させることにより、従来と同様に、チャンネルごとに遅延時間の異なる高密度に多重化された多重化光パルス列を得ることができる。しかも、この多重化光パルス列は、少なくとも1チャンネルの遅延時間が順次等間隔ずつずれた時間差とはならな

いために、この等間隔ではない時間間隔が基本光パルス列の周期で繰り返されることになる。従って、この多重化光パルス列が基本光パルス列の周波数成分を確実に含むことになり、受信側でフィルタを用いてこの周波数成分の信号を取り出すことにより、多重化光パルス列に同期するクロック信号を安定かつ容易に抽出することができるようになる。

【0022】なお、周期と位相が同じ複数チャンネルの基本光パルス列は、例えば1系列の基本光パルス列を光分配器で複数チャンネルに分岐させることにより生成することができる。また、各チャンネルの基本光パルス列は、光変調器で変調した後に光遅延器で遅延させてもよいし、光遅延器で遅延させた後に光変調器で変調することもできる。ここで、いずれかの光遅延器の遅延時間が0である場合には、この光遅延器を省略することができるのは勿論である。

【0023】さらに、③の手段によれば、各チャンネルが順次遅延される単位遅延時間 T_1 が等間隔の時間間隔である T_0/N よりも短い時間間隔となるので、最も遅延時間の長いチャンネル（遅延倍数 M が最大のチャンネル）の光パルスと、その直後の遅延時間が0のチャンネル（遅延倍数 M が0のチャンネル）の光パルスとの間の時間間隔のみが等間隔の時間間隔である T_0/N よりも長くなり、この長い時間間隔が基本光パルス列の周期で繰り返されることになる。従って、この場合にも、結合された多重化光パルス列が基本光パルス列の周波数成分を確実に含むことになり、受信側でフィルタを用いてこの周波数成分の信号を取り出すことにより、多重化光パルス列に同期するクロック信号を安定かつ容易に抽出することができるようになる。

【0024】この③の手段の場合には、②の手段において、全てのチャンネルの光遅延器の遅延時間が、基本光パルス列の周期をチャンネル総数で除算した時間（ T_0/N ）の自然数倍とは異なる時間に設定されることになる。なお、単位遅延時間 T_1 は、この T_0/N よりも短ければ短いほど、基本光パルス列の周波数成分のパワースペクトルを大きくすることができるが、チャンネル間の時間間隔も短くなるので、受信側でのチャンネルごとの分離が困難になる。また、この単位遅延時間 T_1 は、光パルスのFWHMよりも十分に長い時間でなければ、光ソリトンパルスとしての伝送ができなくなる。

【0025】

【実施例】以下、この発明の具体的実施例について図面を参照して説明する。

【0026】図1及び図2は本発明の第1実施例を示すものであって、図1は光パルス時間多重化装置のブロック図、図2は多重化光パルス列の波形図である。なお、図4に示した従来例と同様の機能を有する構成部材には同じ番号を付記する。

【0027】本実施例では、それぞれ10 Gbit/s

の基本光パルス列を変調した4チャンネルの光パルス列を重畳して40 Gbit/sの多重化光パルス列を出力させる光パルス時間多重化装置とこの装置を用いた光パルス時間多重化方法について説明する。

【0028】この光パルス時間多重化装置は、図1に示すように、周期が100 psでFWHMが10 psの基本光パルス列が光分配器1に入力されるようになっている。光分配器1は、3デシベルカプラを組み合わせることにより、入力された1系列の光パルス列をパワーがそれぞれ1/4に減少した4チャンネルの光パルス列に分配して出力する光回路素子である。この光分配器1から出力された4チャンネルの基本光パルス列は、それぞれ光変調器2a~2dと光遅延器3a~3dとを介して光結合器4に入力される。各チャンネルの光変調器2a~2dは、それぞれが対応するチャンネルの電気的な伝送信号に応じて、例えば伝送信号のビットが“1”の場合には光パルスを透過させ“0”の場合には光パルスを遮断することにより、基本光パルス列に変調を加える光回路素子である。各チャンネルの光遅延器3a~3dは、変調された光パルス列を所定の遅延時間だけ遅延させる光回路素子であり、素子の光路長を変更することにより、チャンネルごとに異なる遅延時間に設定されている。即ち、第1チャンネルの光遅延器3aの遅延時間は0 psに設定され、第2チャンネルの光遅延器3bの遅延時間は20 psに設定され、第3チャンネルの光遅延器3cの遅延時間は40 psに設定され、第4チャンネルの光遅延器3dの遅延時間は60 psに設定されて、チャンネルごとに順次20 psずつ時間差が生じるようにしている。なお、第1チャンネルの光遅延器3aは、遅延時間が0 psであるため省略することができる。光結合器4は、光分配器1と同様に3デシベルカプラを組み合わせることにより、入力された4チャンネルの光パルス列を結合させて、各光パルスのパワーが1/4に減少した1系列の多重化光パルス列を出力する光回路素子である。

【0029】上記構成の光パルス時間多重化装置は、周期100 ps（10 Gbit/s）の基本光パルス列をまず光分配器1によって周期と位相が同じ4チャンネルの基本光パルス列に分配する。次に、これら4チャンネルの基本光パルス列は、各チャンネルの光変調器2a~2dにおいて、それぞれが対応するチャンネルの伝送信号に応じて変調される。伝送信号は、外部からそれぞれ10 Gbit/sの伝送速度で独立して送られて来る4チャンネルの電気的なデジタル信号である。また、これら光変調器2a~2dで変調された4チャンネルの光パルス列は、各チャンネルの光遅延器3a~3dによってそれぞれ遅延される。即ち、第1チャンネルの光遅延器3aでは0 psの遅延が行われ、第2チャンネルの光遅延器3bでは20 psの遅延が行われ、第3チャンネルの光遅延器3cでは40 psの遅延が行われ、第4チ

チャンネルの光遅延器3dでは60psの遅延が行われる。従って、各チャンネルの光パルス列は、チャンネルごとに順次20psずつ時間がずれたものとなる。そして、これら光遅延器3a~3dで遅延された4チャンネルの光パルス列は、光結合器4によって結合されて1系列の多重化光パルス列として出力される。このようにして得た多重化光パルス列は、図示しない光ファイバに通して、光ソリトン伝送により高密度に時間多重化した超高速の光通信に用いられる。

【0030】上記光結合器4から出力された多重化光パルス列は、図2に示すように、100psの1周期内に各チャンネルの4つの光パルスP1~P4が順次20psずつずれた時間間隔で現れると共に、第4チャンネルの光パルスP4と次の1周期における第1チャンネルの光パルスP1との間に40psの時間間隔が生じる。なお、この図2においても、図4と同様に、多重化光パルス列の波形を全ての光パルスが光変調器2a~2dで透過されたものとして示す。従って、この多重化光パルス列では、各チャンネル間の時間間隔が、基本光パルス列の周期である100psをチャンネル総数の4で除算したときの等間隔の時間である25psよりも短い20psになると共に、伝送信号によりどのような変調を受けたとしても、光パルスのない40psの時間間隔が必ず周期100psごとに現れることになる。

【0031】この結果、本実施例の光パルス時間多重化装置から出力される多重化光パルス列は、基本光パルス列の100psの各周期の終わりに、チャンネル間の時間間隔である20psの倍の長さを持つ40psの光パルスのない時間間隔が必ず繰り返されるので、この基本光パルス列の10GHz（周期100ps）の周波数成分が十分に大きなパワースペクトルに含まれることになる。従って、この多重化光パルス列を受信側で半導体光電変換素子により電気信号に変換し、10GHz付近の信号成分のみを通過させる電気的な狭帯域通過フィルタに通せば、伝送されて来た多重化光パルス列のいずれかのチャンネルに対して常に一定の位相差を有するクロック信号、即ちこの多重化光パルス列に同期する10GHzのクロック信号を安定かつ容易に抽出することができる。

【0032】図3は本発明の第2実施例を示すものであって、光パルス時間多重化装置のブロック図である。なお、図1に示した第1実施例と同様の機能を有する構成部材には同じ番号を付記する。

【0033】本実施例においても、それぞれ10Gb/sの基本光パルス列を変調した4チャンネルの光パルス列を重畳して40Gb/sの多重化光パルス列を出力させる光パルス時間多重化装置とこの装置を用いた光パルス時間多重化方法について説明する。

【0034】この光パルス時間多重化装置は、周期が100psでFWHMが10psの基本光パルス列が第1

の光分配器1aに入力されるようになっている。この第1の光分配器1aから出力される一方の光パルス列は、第1チャンネルの光変調器2aで伝送信号により変調されて第1の光結合器4aに入力される。第1の光分配器1aから出力される他方の光パルス列は、第1の光遅延器5aで20ps遅延されて第2の光分配器1bに入力される。この第2の光分配器1bから出力される一方の光パルス列は、第2チャンネルの光変調器2bで伝送信号により変調されて第1の光結合器4aに入力される。この第1の光結合器4aから出力される光パルス列は、第2の光結合器4bに入力される。

【0035】第2の光分配器1bから出力される他方の光パルス列は、第2の光遅延器5bで20ps遅延されて第3の光分配器1cに入力される。この第3の光分配器1cから出力される一方の光パルス列は、第3チャンネルの光変調器2cで伝送信号により変調されて第2の光結合器4bに入力される。この第2の光結合器4bから出力される光パルス列は、第3の光結合器4cに入力される。第3の光分配器1cから出力される他方の光パルス列は、第3の光遅延器5cで20ps遅延された後に、第4チャンネルの光変調器2dで伝送信号により変調されて第3の光結合器4cに入力される。そして、この第3の光結合器4cから出力される光パルス列が多重化光パルス列となる。

【0036】上記第1~第3の光分配器1a~1cは、1系列の光パルス列をパワーがそれぞれ1/2に減少した2チャンネルの光パルス列に分配する3デシベルカプラからなる。また、上記第1~第3の光結合器4a~4cは、2チャンネルの光パルス列をパワーがそれぞれ1/2に減少した1系列の光パルス列に結合する3デシベルカプラからなる。上記第1~第3の光遅延器5a~5cは、それぞれ図1に示した第1実施例の光遅延器3a~3dと同様の構成であるが、本実施例ではいずれの遅延時間も全て20psに設定されている。上記各チャンネルの光変調器2a~2dは、図1に示した第1実施例と同じものである。

【0037】上記構成の光パルス時間多重化装置によれば、基本光パルス列が第1~第3の光分配器1a~1cによって順に2分配されると共に、このようにして分配された4チャンネルの光パルス列が第1~第3の光結合器4a~4cによって順に結合されて1系列の多重化光パルス列となる。また、第1チャンネルの光パルス列は光遅延器を通らないために0psの遅延となり、第2チャンネルの光パルス列は第1の光遅延器5aのみを通過して20psの遅延が行われ、第3チャンネルの光パルス列は第1と第2の光遅延器5a、5bを通過して40ps（=20ps×2）の遅延が行われ、第4チャンネルの光パルス列は第1~第3の光遅延器5a~5cを通過して60ps（=20ps×3）の遅延が行われる。そして、これら各チャンネルの光パルス列は、光遅延器5a

～5cによりそれぞれ遅延時間の累積数が異なる遅延が行われた後に、対応するチャンネルの光変調器2a～2dによって変調される。

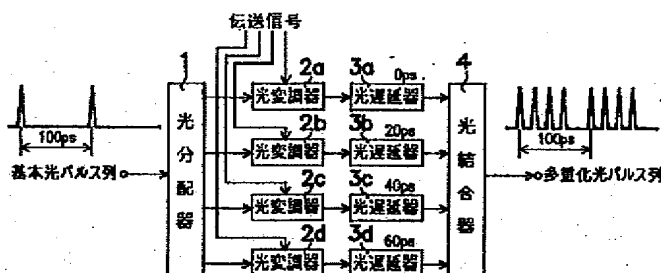
【0038】この結果、本実施例の光パルス時間多重化装置は、各チャンネルにおける光パルス列の遅延と変調の順序が入れ替わる他は、図1に示した第1実施例と同様に動作して、第3の光結合器4cから図2に示したものと全く同じ多重化光パルス列を出力することができる。従って、本実施例の場合にも、この多重化光パルス列を受信側で半導体光電変換素子により電気信号に変換し、10GHz付近の信号成分のみを通過させる電気的な狭帯域通過フィルタに通せば、伝送されて来た多重化光パルス列に同期する10GHzのクロック信号を安定かつ容易に抽出することができる。

【0039】尚、上記第1と第2の実施例では、いずれも4チャンネルの時間多重化を行う場合について説明したが、本発明はこれに限らず、他の複数チャンネルの時間多重化を行う場合にも同様に実施することができる。また、上記第1と第2の実施例では、いずれも基本光パルス列による伝送速度を10Gbit/sとしたが、本発明はこれに限らず、他の伝送速度であっても同様に実施することができる。さらに、上記第1と第2の実施例では、多重化光パルス列のチャンネル間の時間間隔を、基本光パルス列の周期100psをチャンネル総数4で除算したときの等間隔である25psよりも短い一定間隔の20psとしたが、本発明では少なくとも1箇所の時間間隔が等間隔の時間と相違すれば足りる。

【0040】また、上記第1と第2の実施例では、複数チャンネルの基本光パルス列に対してチャンネルごとに遅延と変調を加えた後にこれらを結合させて多重化光パルス列とする場合についてのみ説明したが、例えば何らかの手段によって各光パルスの時間間隔が20psと40psとなる光パルス列を発生させ、このような光パルス列に対して各チャンネルごとに遅延を加えるようにすることもできる。

【0041】さらに、上記第1と第2の実施例では、光ソリトン伝送を行う場合についてのみ説明したが、リタ

【図1】



ーンゼロ方式の光パルス列を伝送する場合であれば、本発明は同様に実施することができる。

【0042】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、この発明の光パルス時間多重化方法及びその装置によれば、光パルスの振幅をチャンネルごとに変化させることなく、多重化光パルス列に基本光パルス列の周波数成分を確実に含ませることができるので、受信側で位相同期ループ回路のような複雑な回路を用いなくても、基本光パルス列の周波数を有し多重化光パルス列に同期するクロック信号を安定かつ容易に抽出することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示すものであって、光パルス時間多重化装置のブロック図である。

【図2】本発明の第1実施例を示すものであって、多重化光パルス列の波形図である。

【図3】本発明の第2実施例を示すものであって、光パルス時間多重化装置のブロック図である。

【図4】従来例を示すものであって、光パルス時間多重化装置のブロック図である。

【図5】多重化光パルス列をチャンネルごとに分離するための光回路のブロック図である。

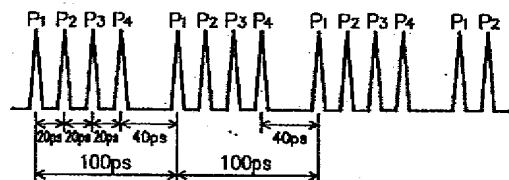
【図6】クロック信号を発生させるための従来例を示すものであって、位相同期ループ回路のブロック図である。

【図7】クロック信号を発生させるための従来例を示すものであって、多重化光パルス列の波形図である。

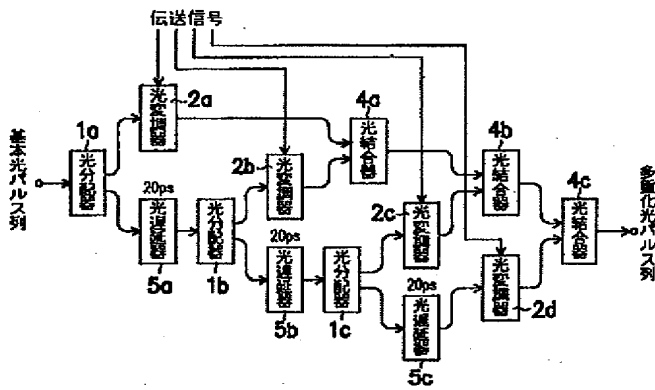
【符号の説明】

- | | |
|-------|------|
| 1 | 光分配器 |
| 1a～1c | 光分配器 |
| 2a～2d | 光変調器 |
| 3a～3d | 光遅延器 |
| 4 | 光結合器 |
| 4a～4c | 光結合器 |
| 5a～5c | 光遅延器 |

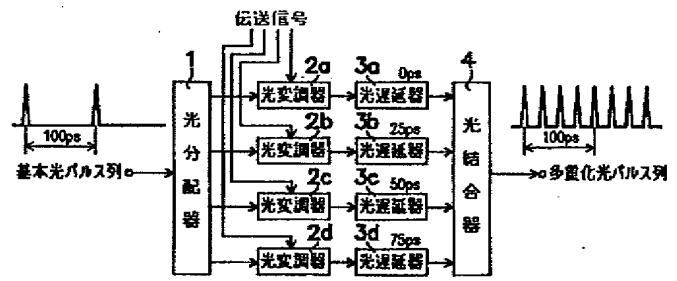
【図2】



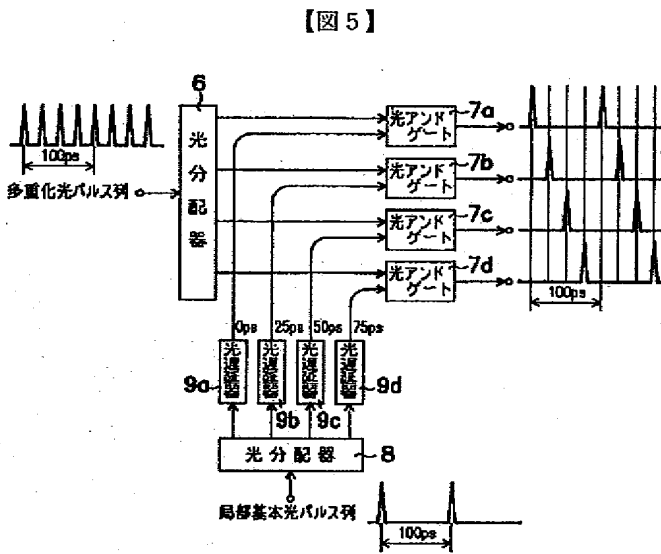
【図 3】



【図 4】



【図 6】



【図 7】

